методическое пособие /Под науч. ред. О.С.Орлова.- Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого,2002. - 68 с. 4. Л.Г. Семушина, Н.Г. Ярошенко. Содержание и технологии обучения в средних специальных учебных заведениях: Учеб. Пособие для преп. учреждений сред. проф. образования. – М.: Мастерство, 2001. – 272 с. 5. Образцов, П.И. Информационно-технологическое обеспечение учебного процесса в вузе [Текст] / П.И. Образцов // Высшее образование в России. – 2001. – № 6. – С. 46–50. 6. Педагогика: Учебное пособие [Текст] / Под ред. В.А. Сластенина, И.Ф. Исаева, А.И. Мищенко, Е.Н. Шиянова. – М.: Школа-Пресс, 1997. – 512 с. 7. Сластенин, В.А. О современных подходах к подготовке педагога [Текст] / В.А. Сластенин, Н.Г. Руденко // Педагогика. – 1999. – № 6. – С.55–62. 8. Талызина, Н.Ф. Технология обучения и ее место в педагогическом процессе [Текст] / Н.Ф. Талызина // Современная высшая школа. – 1977. – № 1. – С. 21. 9. Морозова А.В. Управление процессом профессиональной социализации студентов ссузов в условиях модернизации институтов образования. Монография [Текст] / А.В. Морозова, Н.А. Фролова – Орел: Изд-во ОРАГС, 2005. – 200 с.10. Шагеева Ф., Иванов В. Современные образовательные технологии // Высшее образование в России, 2006, № 4. 11. Титаренко Л.Г. Мир ценностных ориентаций молодежи Белоруссии. //Ценностный мир современной молодежи: на пути к мировой интеграции. По материалам Международной научной конференции. М.:Социум, 1994. 6.

УДК 688.1.037.97+666.271

Сухоцкий А.А., Дворянчикова А.Б.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕГО РАБОЧЕГО ДИСКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В предлагаемом [1] инструменте для пневмоцентробежной обработки шариков дополнительное усилие на обрабатываемую заготовку создается за счет профильного элемента, обеспечивающего возвратно-поступательное движение верхнего рабочего диска реализовано с помощью цилиндрического кулачкового механизма в виде кольца с профильным рабочим торцем и возвратно-поступательно движущимся элементом нагружения, в котором роль последнего выполняет верхний рабочий диск.

С целью достижения высокого качества изготавливаемых шариков, необходимо подобрать такой закон движения элемента нагружения $S(t)$, при котором не возникало бы грубых сколов на заготовках во время обработки. Отмеченное условие не позволяет выбрать $S(t)$ с жесткими или мягкими ударами. В таких случаях рекомендуется использовать синусоидальный закон движения элемента нагружения, при котором графики скоростей и ускорений не имеют точек разрыва, т. е. движение происходит без ударов.

Движение элемента нагружения разобьем на две фазы (подъема и возврата). Фазу дальнего стояния рекомендуется исключить для увеличения производительности инструмента. На фазе подъема, т.е. когда $0 \le \varphi \le \varphi_n$, зависимость для аналога ускорения следующая:

$$S'' = a_n \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right), \qquad (1)$$

где a_n - ускорение подъема; φ_n - угол подъема; φ - угол, на который повернут кулачек.

Проинтегрировав выражение (1) дважды в пределах $0 \le \varphi \le \varphi_n$, получим соотношения для аналога скорости S' и перемещения S.

$$S' = \int S'' d\varphi + C_1 = \int a_n \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right) d\varphi + C_1 = -a_n \frac{\varphi_n}{2\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right) + C_1, \tag{2}$$

$$S = \int S' d\varphi + C_2 = \int\left(-a_n \frac{\varphi_n}{2\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right) + C_1\right) d\varphi + C_2 = -a_n \frac{\varphi_n^2}{4\pi^2} \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right) + C_1 \cdot \varphi + C_2. \tag{3}$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определяются из начальных условий, в соответствии с которыми при $\varphi = 0$ S' и $S'' = 0$.

Из зависимости (2) получаем: $C_1 = \frac{a_n \cdot \varphi_n}{2\pi}$. Одновременно из (3) имеем: $C_2 = 0$.

Подставив полученные выражения для C_1 и C_2 в равенства (2) и (3), получим:

$$S' = a_n \frac{\varphi_n}{2\pi}\left(1 - \cos\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right)\right), \tag{4}$$

$$S = a_n \frac{\varphi_n^2}{4\pi^2}\left(\frac{\varphi}{\varphi_n} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right)\right). \tag{5}$$

Амплитуда a_n аналога ускорения определяется из равенства (5) на основании условия, по которому при $\varphi = \varphi_n$ перемещение $S = S_{\max}$.

Тогда

$$a_n = \frac{2\pi}{\varphi_n^2} S_{\max}. \tag{6}$$

Тогда зависимости (1) (4) и (5) окончательно получают следующий вид:

$$S = S_{\max}\left(\frac{\varphi}{\varphi_n} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right)\right); \tag{7}$$

$$S' = \frac{dS}{d\varphi} = S_{\max} \frac{1}{\varphi_n}\left(1 - \cos\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right)\right); \tag{8}$$

$$S'' = \frac{d^2 S}{d\varphi^2} = S_{\max} \frac{2\pi}{\varphi_n^2} \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_n} \cdot \varphi\right). \tag{9}$$

Из равенств (8) и (9) следует, что аналоги скорости S' и ускорения S'' зависят не только от выбранного подъема $S_{\max}$ выходного звена, но и от фазового угла φ_n. Аналог скорости S' обратно пропорционален углу φ_n, а аналог ускорения - φ_n^2.

На фазе возврата, т.е. когда $(\varphi_n + \varphi_{\partial c}) \le \varphi \le (\varphi_n + \varphi_{\partial c} + \varphi_в)$, зависимость для аналога ускорения следующая:

$$S'' = \frac{d^2 S}{d\varphi^2} = S_{\max} \frac{2\pi}{\varphi_в^2} \sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_в} \cdot (\varphi - \varphi_n - \varphi_{\partial c})\right). \tag{10}$$

Интегрируя дважды (10) в пределах $(\varphi_n + \varphi_{\partial c}) \le \varphi \le (\varphi_n + \varphi_{\partial c} + \varphi_в)$, аналогично получаем выражения для аналога скорости S' и перемещения S в виде:

$$S = S_{\max}\left(\frac{1}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{\varphi_в}\cdot(\varphi-\varphi_n-\varphi_{\partial c})\right)+\frac{\varphi_n+\varphi_{\partial c}+\varphi_в-\varphi}{\varphi_в}\right); \tag{11}$$

$$S' = \frac{dS}{d\varphi} = S_{\max}\frac{1}{\varphi_в}\left(\cos\left(\frac{2\pi}{\varphi_в}\cdot(\varphi-\varphi_n-\varphi_{\partial c})\right)-1\right); \tag{12}$$

Из равенств (10) и (11) следует, что аналоги скорости S' и ускорения S'' зависят не только от выбранного подъема $S_{\max}$ выходного звена, но и от фазового угла $\varphi_в$, причем аналог скорости S' обратно пропорционален углу $\varphi_в$, а аналог ускорения $-\varphi_в^2$.

Для расчета угла давления υ предлагается рассматриваемый механизм свести к кулачковому с поступательно движущимся кулачком и толкателем путем развертывания цилиндрической поверхности кольца на плоскость. Тогда величину перемещения эквивалентного кулачка можно записать в виде

$$L = \varphi\cdot R_{cp}, \tag{13}$$

где φ — угол поворота цилиндрического кулачка;

R_{cp} – средний радиус рабочего профиля цилиндра

Выражение (13) в дифференциальной форме будет иметь вид

$$\frac{dS}{dL} = \frac{1}{R_{cp}}\frac{dS}{d\varphi}, \tag{14}$$

$$\frac{d^2S}{dL^2} = \frac{1}{L'(\varphi)}\left[L'(\varphi)\frac{d^2S}{d\varphi^2}-L''(\varphi)\frac{dS}{d\varphi}\right] = \frac{1}{R_{cp}^2}\frac{d^2S}{d\varphi^2}. \tag{15}$$

Отсюда следует, что

$$tg\upsilon = \frac{1}{R_{cp}}S'. \tag{16}$$

Зададимся максимально допустимым углом давления $\upsilon_{\max}$ для рассматриваемого механизма. Тогда, используя уравнение (16), получим условие выбора среднего радиуса рабочего профиля цилиндра:

$$R_{cp} \geq \frac{1}{tg\upsilon_{\max}}|S'|_{\max}, \tag{17}$$

где $|S'|_{\max}$ – наибольшее по абсолютной величине значение производной функции положения на интервале удаления при силовом замыкании.

Чтобы подрез практического профиля оказался невозможным, радиус ролика $R_{рол}$ должен удовлетворять условию

$$R_{рол} < \rho_{\min}, \tag{18}$$

где $\rho_{\min}$ – минимальный радиус кривизны выпуклой части центрового профиля кулачка.

На практике $R_{рол}$ рекомендуется принимать $R_{рол} = (0.65 \div 0.8)\rho_{\min}$.

Радиус кривизны центрового профиля кулачка можно рассчитать по формуле

$$\rho = \frac{\left[1+\left(\dfrac{dS}{dL}\right)^2\right]^{3/2}}{\dfrac{d^2S}{dL^2}}. \qquad (19)$$

Подставляя в равенство (19) выражения (14) и (15) получим

$$\rho = \frac{\left[1+\dfrac{1}{R_{cp}^2}\left(\dfrac{dS}{d\varphi}\right)^2\right]^{3/2}}{\dfrac{1}{R_{cp}^2}\dfrac{d^2S}{d\varphi^2}} = \frac{R_{cp}^2\cdot\left[1+\dfrac{1}{R_{cp}^2}\left(\dfrac{dS}{d\varphi}\right)^2\right]^{3/2}}{\dfrac{d^2S}{d\varphi^2}}. \qquad (20)$$

Для исследования на экстремум выражение (20) следовало бы продифференцировать по φ и производную приравнять к нулю. Однако полученное в результате уравнение трудно разрешимо относительно φ. Поэтому для нахождения $\rho_{\min}$ целесообразнее вычислить ряд последовательных значений ρ и определить наименьшее.

Для получения точных координат x_b и y_b действительного профиля кулачка воспользуемся готовыми формулами из [2]

$$\begin{cases} x_b = S + \dfrac{r \cdot {dS}/{dL}}{\sqrt{1+\left({dS}/{dL}\right)^2}}; \\ y_b = S - \dfrac{r}{\sqrt{1+\left({dS}/{dL}\right)^2}}, \end{cases} \qquad (21)$$

где r – радиус ролика. С учетом (14) имеем

$$\begin{cases} x_b = S + \dfrac{r \cdot {dS}/{d\varphi}}{R_{cp}\cdot\sqrt{1+\dfrac{1}{R_{cp}^2}\left(\dfrac{dS}{d\varphi}\right)^2}}; \\ y_b = S - \dfrac{r}{\sqrt{1+\dfrac{1}{R_{cp}^2}\left(\dfrac{dS}{d\varphi}\right)^2}}. \end{cases} \qquad (22)$$

Полученные по (22) координаты x_b и y_b в дальнейшем должны использоваться в процессе изготовления профильного торца кольца в инструменте для пневмоцентробежной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТИН, 2000, №7, Усовершенствованный инструмент для пневмоцентробехной обработки шариков / Филонов И.П., Козерук А.С., Филонова М.И., Сухоцкий А.А. 2. Теория механизмов и машин. Проектирование. Под ред. О. И. Кульбачного. Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1970. –288 с.: ил.